

LUFTDURCHLÄSSIGKEIT VON EINBETTMASSEN

WERNER FREES

1973



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554420_0097

Aus der Prothetischen Abteilung
(Leiter: Professor Dr. K. Fuhr)
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
(Direktor: Professor Dr. Dr. W. Ketterl)
der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz

LUFTDURCHLÄSSIGKEIT VON EINBETTMASSEN

Inaugural- Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von

WERNER FREES

aus Saulheim

MAINZ 1972

Dekan:

Professor Dr. K. H. Bäßler

Referent:

Professor Dr. H. Marx

Korreferent:

Professor Dr. K. Fuhr

Tag der mündlichen Prüfung:

25. Januar 1973



Gesamtherstellung:

DITTERS BÜRODIENST

6501 Heidesheim/Rhein
Ruf 06132/5711

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
A 1) Einleitung	1
2) Anforderungen an eine Einbettmasse	2
3) Die Zusammensetzung von Einbettmassen	3
4) Die Bedeutung der Luftdurchlässigkeit von Einbettmassen	6
5) Die Bedeutung der Vakuumeinbettung	9
B 1) Die Versuchsmaterialien	10
2) Die Herstellung der Prüfkörper	11
3) Die Messung der Luftdurchlässigkeit	
a) Beschreibung der Apparatur	15
b) Durchführung der Messung	18
C) Versuchsergebnisse	19
D) Diskussion der Ergebnisse	25
E) Zusammenfassung	32
F) Literaturverzeichnis	33

A 1) EINLEITUNG

Qualität und Paßgenauigkeit eines zahnärztlichen Gußobjektes werden zu einem großen Teil durch die Eigenschaften der verwendeten Einbettmasse bestimmt. Eine gute Einbettmasse muß u.a. luftdurchlässig sein, d.h., sie muß beim Gießen die in der Gußhohlform eingeschlossene Luft bis zu einem gewissen Grad aufnehmen bzw. durchlassen, um so der einschießenden Schmelze keinen allzu großen Widerstand entgegen zu setzen.

Es lag somit nahe, einmal eine Auswahl der derzeit im Handel befindlichen Einbettmassen auf ihre Luftdurchlässigkeit hin zu überprüfen.

A 2) ANFORDERUNGEN AN EINE EINBETTMASSE

Eine Einbettmasse ist ein physikalisch hergestelltes Gemisch aus einem feuerfesten Bestandteil und einem Bindemittel, das, mit Wasser angemischt, zu einer festen, hocherhitzbaren Masse erstarrt.

Nach ihrem Verwendungszweck unterscheidet man:

- 1) Einbettmassen zum Einbetten von Wachsobjekten für den Metallguß, und
- 2) Löteinbettmassen zum Zusammenhalten von Metallteilen, die aneinander gelötet werden sollen.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich nur mit den zuerst genannten Einbettmassen.

Gemäß der ADA-Spezifikation Nr. 2 (1) muß eine Einbettmasse u. a. folgenden Anforderungen genügen: sie soll

- 1) einheitlich in der Zusammensetzung sein
- 2) beim Erhitzen nicht zerspringen
- 3) die Gußlegierung nicht verunreinigen
- 4) keine giftigen Gase freisetzen

weiterhin soll

- 5) die Abbindezeit zwischen 5 und 30 min liegen
- 6) die Abbindeexpansion nach 24 Std. mindestens 0,05 % betragen
- 7) die thermische Expansion beim Erhitzen auf 700°C mindestens 0,7 % betragen
- 8) das Material bei einer Temperatur über 200°C nicht kontrahieren
- 9) ein gewisser Grad von Feinkörnigkeit erreicht werden
- 10) die Verdichtungsfestigkeit nicht geringer als 350 p.s.i. ($= 24,6 \text{ kp/cm}^2$) sein

Die ADA-Spezifikation Nr. 2 macht bei ihrer Einteilung der Anforderungen an eine Einbettmasse jedoch keine Angaben über die Luftdurchlässigkeit.

A 3) DIE ZUSAMMENSETZUNG VON EINBETTMASSEN

Jede Einbettmasse hat zwei Grundbestandteile: eine feuerfeste Masse und ein Bindemittel. Während sich als feuerfester Bestandteil Quarz bzw. dessen Modifikation Cristobalit besonders bewährt hat, verwendete man vom Beginn der Gußtechnik an Gips in Form seines Halbhydrates ($2 \text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) als Bindemittel. Neben Quarz stellen Tridymit und Cristobalit die drei wichtigsten kristallinisierten Modifikationen des Kieselsäure-Anhydrids SiO_2 dar. Es sind dies natürlich vorkommende Mineralien, die ihr kristallines Gefüge beim Erreichen ganz bestimmter Temperaturen ändern. Hierbei lagern sich die Elementarkörper innerhalb ihres Kristallgitters um. Diese Umlagerungen sind mit einer Volumenzunahme verbunden. Cristobalit zeichnet sich dabei durch eine besonders hohe Expansionsfähigkeit aus und wird deshalb besonders bei hochexpandierenden Einbettmassen als feuerfester Bestandteil verwendet. - OESCHGER (11) bezeichnet den feuerfesten Bestandteil als inerten bzw. inaktiven Bestandteil und das Bindemittel als aktiven Anteil, da nur letzteres beim Anrühren reagiert. Beim Abbinden bzw. Erhärten kittet die neuentstandene Verbindung die inerten Teile der Einbettmasse zusammen. WAGNER (18) meint dazu, daß die Abbindereaktion auf dem Übergang des Halbhydrats zum Dihydrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) beruht. Demzufolge löst sich zunächst das Halbhydrat in Wasser. Dann bilden sich in der übersättigten Lösung Kristallkeime des Dihydrates, das schwerer löslich ist als das Halbhydrat. Die Kristallkeime wachsen und verkitten anschließend miteinander. Neben den beiden Hauptbestandteilen hat jede dieser Einbettmassen noch gewisse Zusätze, die aber zusammen genommen nicht mehr als 2 % ausmachen (3). Es sind dies Stoffe, die die Abbindezeit bzw. die thermische Expansion in gewissen Grenzen zu steuern vermögen (Borax z.B. verzögert, Natriumsulfat beschleunigt die Abbindezeit, Natriumchlorid, Kaliumchlorid und Lithiumchlorid steigern die thermische Expansion). Einbettmassen, die speziell für den Goldguß empfohlen werden, sind stark graphithaltig, da der Kohlenstoff in der Gußhohlform eine reduzierend wirkende Atmosphäre schaffen soll.

Die herkömmlichen gipsgebundenen Einbettmassen haben sich für Goldlegierungen mit einem Schmelzintervall von weniger als 1150°C als gut brauchbar erwiesen (17). Dabei sollte die Vorwärmtemperatur der Einbettmasse allerdings 700°C nicht übersteigen. Zum Vergießen von höherschmelzenden Legierungen sind sie jedoch ungeeignet, da sich dann der Gips unter Freisetzung von Schwefelkomponenten zersetzt. Der Gips zerlegt sich oberhalb von $750 - 800^\circ\text{C}$ unter Reduktion des CaSO_4 zu Calciumsulfid (CaS) und Schwefel-

dioxid (SO_2). Die Folge davon ist, daß die Einbettmasse stark schrumpft und anschließend reißt. Außerdem kommt es zur Schwefelschädigung des Gußmaterials durch die unerwünschten Metallsulfide (3, 11, 12). Nach den Angaben von BONSACK (2) reichen schon 0,005 % Schwefel im Gußobjekt aus, um das Gold brüchig zu machen. Eine weitere unangenehme Erscheinung ist das außergewöhnlich zähe Festhalten der Einbettmasse am Gußobjekt.

HAUPTMEYER (7) hat bei Gußversuchen mit Wipla herausgefunden, daß Edelmehle sehr schwefelempfindlich sind. Der Schwefel des Gipses hat eine so große Verwandtschaft zum Eisen, daß als Folge nur unbrauchbare Lunkergüsse resultierten. Zum Gießen von hochschmelzenden Legierungen sind Gips-Quarz-Gemische also nicht geeignet.

Es lag deshalb nahe, für das Bindemittel Gips einen Ersatz zu suchen, der eine höhere Arbeitstemperatur ohne Zersetzung und damit ohne schädliche Wirkung auf das Gußobjekt zuläßt. Man entwickelte zwei weitere Gruppen von Einbettmassen, bei denen Phosphate bzw. Äthylsilikate die Bindefunktion übernehmen.

Bei der Gruppe der silikatgebundenen Einbettmassen kommt die Bindung nicht durch mechanische Verkitung der inerten Bestandteile, sondern, bedingt durch kolloidales Silizium, chemo-physikalisch zustande (11). Äthylsilikat entsteht bei der Verbindung von Kieselsäure mit Äthylalkohol unter Abspaltung von Wasser. Es handelt sich bei dieser Flüssigkeit um einen Ester, der sich nicht mit Wasser mischt. Durch Zugabe von Wasser unter Verwendung von Alkohol als Lösungsmittel hydrolysiert das Äthylsilikat wieder. Man erhält eine kolloidale Lösung von Kieselsäure in Alkohol, ein Kieselsäure-Alkohol. Erst der Zusatz von Alkohol bewirkte, daß sich Äthylsilikat und Wasser mit dem inerten Teil der Einbettmasse, dem Quarz, mischten und nicht wieder trennten. Während des Abbindevorgangs geht das Kieselsäure-Resol nach dem Abdunsten des Alkohols in den gelartigen Zustand über. Da Gelteilchen ein großes Absorptionsvermögen haben, halten sie Fremdstoffe, in diesem Fall eingestreuten Quarzsand, an ihrer Oberfläche fest. Das Kieselsäure-Resol verbindet so den Quarzsand zu einer kompakten Masse. Die Kieselsäure wird durch Kondensation zum Anhydrid, so daß diese Einbettmasse letztlich nur aus Quarz besteht (8, 11, 12, 13). Da dieser Einbettmasstyp nur aus dem Bindemittel SiO_2 und dem inerten, feuerfesten Anteil Quarz (SiO_2) besteht, ist er sehr gut verwendungsfähig für Metallegierungen, deren Schmelzintervall bis zu ca. 1650°C reicht (17). - Die Einbettmassen auf Äthylsilikatsbasis unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung kaum voneinander. Die Hauptbestandteile sind in jedem Falle Quarz als feuerfester Bestandteil und Äthylsilikat als Bindemittel (15). Die genaue Zusammensetzung ist, wie auch bei den beiden anderen

Gruppen stets Fabrikationsgeheimnis.

Die Gruppe der phosphatgebundenen Einbettmassen nehmen eine Zwischenstellung zwischen den gips- und silikatgebundenen ein. An die Stelle von Gips als Bindemittel treten hier Zink- und Magnesiumphosphate. Im Grunde genommen handelt es sich dabei um zahnärztliche Zemente. Beim Abbindevorgang reagiert ein lösliches Phosphat, normalerweise Ammonium- oder Natriumphosphat, mit Zink- bzw. Magnesiumoxid. Es bildet sich ein Trizink- bzw. Trimagnesiumphosphat, das das Siliziumpulver, d.h. den Quarz, zu einer festen Masse bindet (11, 17). Die phosphatgebundenen Einbettmassen lassen eine Vorwärmtemperatur bis ca. 870°C zu. Das Schmelzintervall der hierfür verwendeten Metallegierung sollte 1340°C nicht übersteigen. Eine weitere Verbesserung dieser Einbettmassen wurde dadurch erreicht, daß man das Bindemittel dem Pulver als Trockensubstanz zusetzte. Dies ermöglicht es, die Einbettmasse nur noch mit Wasser anzurühren.

A 4) DIE BEDEUTUNG DER LUFTDURCHLÄSSIGKEIT VON EINBETTMASSEN

Die Technik des zahnärztlichen Gußverfahrens basiert auf zwei Grundprinzipien:

- 1) der Gewinnung einer Gußhohlform durch Einbetten eines Wachsmodells (vorgeschlagen von Ollendorf - 1904), und
- 2) dem Einguß der Metallegierung unter Druck (vorgeschlagen von Taggart - 1907) (3).

Zur Erzielung eines einwandfreien Gusses muß u. a. die Forderung erhoben werden, daß die in der Gußhohlform gefangene Luft während des Gußprozesses vollständig entweichen kann. Nur dann ist die Gewähr dafür gegeben, daß:

- 1) der Schmelze kein zu großer Widerstand entgegengesetzt wird, diese also leicht in die Gußhohlform einfließen kann und nicht schon vorzeitig erstarrt,
- 2) die Schmelze die Gußhohlform vollständig ausfließt und nicht durch einen Rückstau der nicht vollständig verdrängten Luft daran gehindert wird, und
- 3) keine ungünstigen Strömungsverhältnisse entstehen können, die zu Gasblasen im Inneren des Gußstückes führen würden (2, 3, 4, 5, 6, 11, 16).

Eine Luftdurchlässigkeit für einen Körper - im vorliegenden Fall einer Einbettmasse - ist nur dann gewährleistet, wenn er ein gewisses Maß an Porosität aufweist, denn durch einen unporösen Körper kann keine Luft entweichen. EICHNER (3) gibt dazu an, daß die Porosität einer Einbettmasse abhängig ist von:

- 1) der Zusammensetzung,
- 2) dem Verhältnis Pulver : Wasser und
- 3) der Mahlfeinheit.

Er bemerkt dazu, daß die Porosität um so größer ist,

- a) je höher der Quarzanteil ist,
- b) je größer die Quarzteilehen sind,
- c) je dünner die Anmischung und
- d) je gleichmäßiger die Mahlfeinheit ist.

Auch EICKHOFF (4) äußert sich dahingehend, daß Korngröße, Kornform und mengenmäßige Verteilung des Quarzes die Porosität und damit die Luftdurchlässigkeit stark beeinflussen. -

ZAJONCZKOWSKI (19) meint dazu, daß einerseits die pulverförmigen Bestandteile der Einbettmasse eine bestimmte Korngröße wegen des Erzielens einer glatten Oberfläche nicht überschreiten sollen. Andererseits müsse aber zur Erhöhung der Porosität eine gewisse Mindestkorngröße eingehalten werden. Bezüglich der Auswirkung eines geänderten Pulver : Wasser - Verhältnisses auf die Luftdurchlässigkeit kommt ZAJONCZKOWSKI ebenfalls zu dem Ergebnis, daß die mit mehr Flüssigkeit hergestellten Einbettmasse-Prüfkörper eine bessere Luftdurchlässigkeit ergeben. Ursache hierfür ist, daß die größere Flüssigkeitsmenge nach dem Verdampfen ein größeres Maß an Porosität hinterläßt.

KYSELOVA, KYSELA und MARES (10) jedoch ermittelten an Hand eines Kegelstumpfförmigen Standardkörpers aus Einbettmasse, daß die Luftdurchlässigkeit bei dünnerer Anmischung wesentlich niedrigere Werte ergab. Bei einem Mischungsverhältnis Pulver : Wasser = 100 : 30 durchströmten 107,3 ml Luft/min den Prüfkörper. Bei einem Mischungsverhältnis Pulver : Wasser = 100 : 40 ergab sich ein Luftdurchsatz von 47,9 ml/min. Der Druck war jeweils gleich groß und betrug 10 lb./sq.in. ($= 0,703 \text{ kp/cm}^2$).

Weiterhin nimmt eine Erwärmung der Einbettmasse auf höhere Temperatur Einfluß auf die Luftdurchlässigkeit: unter der Einwirkung der Hitze kann das Material sintern oder schmelzen, woraus eine verringerte Porosität resultiert (16, 19).

In seiner Arbeit "Versuch, die Gesetzmäßigkeiten für die Gasdurchlässigkeit von zahnärztlichen Einbettmassen zu finden" stellt ZAJONCZKOWSKI drei Grundgesetze auf:

- 1) die durch eine Einbettmassenprobe durchgeströmte Luftmenge ist proportional dem Druck und steigt linear mit ihm,
- 2) die durchgeströmte Gasmenge ist umgekehrt proportional der Schichtdicke, mit fallender Stärke der durchströmten Schichtdicke nimmt die Gasdurchlässigkeit stetig zu,
- 3) die durchgeströmte Gasmenge ist proportional der Oberfläche.

Er zieht daraus u.a. den Schluß, daß die verhältnismäßig kleine Luftmenge in der Gußform während des Einschießens des Metalls fast augenblicklich entweichen kann. - Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen SHELL und DOOTZ (16). Sie ermittelten außerdem, daß evakuiert angerührte Einbettmasse eine höhere Luftdurchlässigkeit hat als eine nicht evakuiert angerührte Einbettmasse und versuchen dies folgendermaßen zu erklären: die Vakuum-Anrührtechnik zerstört große Luftblasen und führt diese in eine Vielfalt von kleinen Poren über, die der durchströmenden Luft weniger Widerstand bereiten.

Eine vergleichende Untersuchung der Luftdurchlässigkeit von handelsüblichen Einbettmassen wurde erstmals von KLOHE (9) durchgeführt. Er untersuchte 6 verschiedene Einbettmassen und kam zu folgenden Resultaten: Bayer 6519 (heute DC Cristobalit) wies die höchsten Werte auf. Setzt man das Maß der Luftdurchlässigkeit dieses Materials gleich 100 %, so ergibt sich folgende Reihenfolge:

1) Bayer 6519 (Bayer)	:	100 %
2) Gray (Ransom & Randolph)	:	83 %
3) Cristobalite (Kerr)	:	35 %
4) Duroterm (Bayer)	:	30 %
5) Kompens (Dentaurum)	:	26 %
6) E 316 (Dentaurum)	:	25 %

Hieraus ist ersichtlich, daß bei den verschiedenen Einbettmassen bezüglich der Luftdurchlässigkeit große Unterschiede herrschen.

A 5) DIE BEDEUTUNG DER VAKUUMEINBETTUNG

Ziel eines jeden Gusses ist es u.a., dem Gußobjekt eine möglichst glatte, gußperlenfreie Oberfläche zu geben. Dies gewährleistet am zuverlässigsten die Vakuumeinbettung. - Ein Vakuum ist im physikalischen Sprachgebrauch ein Raum, in dem ein Druck herrscht, der kleiner ist als der äußere Luftdruck. Der Unterdruck bewirkt, daß die in der angemischten Einbettmasse enthaltenen Gase, im wesentlichen Luft und Wasserdampf, entweichen. Die Einbettmasse wird somit luftblasenfrei (2, 11, 14). OESCHER (11) unterscheidet bei der Vakuumeinbettung eine indirekte und eine direkte Methode:

- a) bei der indirekten Methode wird zum Einbetten eine zuvor entlüftete und damit luftblasenfreie Einbettmasse verwendet,
- b) bei der direkten Methode wird die Einbettmasse in den Gußzylinder gegeben und anschließend unter Vibration entlüftet. Nach dem Abschalten des Vakuums wird sie noch zusätzlich durch den äußeren Luftdruck verdichtet. Es ergibt sich dabei eine Volumenverminderung um ca. ein Sechstel.

Es ist zwar möglich, auch ohne Vakuumeinbettung eine ausgezeichnet glatte Oberfläche zu erzielen, jedoch wird dies durch die Vakuumeinbettung schneller, leichter und sicherer erreicht.

B 1) DIE VERSUCHSMATERIALIEN

Folgende Materialien wurden auf ihre Luftdurchlässigkeit hin untersucht:

I) 7 gipsgebundene Einbettmassen:

- 1) Duroterm (Bayer)
- 2) Beauty Cast (Whip-Mix)
- 3) Kompens (Dentaurum)
- 4) Begocast (Herbst)
- 5) E 316 (Dentaurum)
- 6) DC Cristobalit (Bayer)
- 7) Gray Investment (Ransom & Randolph)

II) 3 phosphatgebundene Einbettmassen:

- 1) Aurovest (Herbst)
- 2) Deguvest HFG (Degussa)
- 3) Ceramigold Investment (Whip-Mix)

III) 5 silikatgebundene Einbettmassen:

- 1) Wirovest C (Herbst)
- 2) Rema P (Dentaurum)
- 3) Multi-Vest (Ransom & Randolph)
- 4) Hydrovest (Whip-Mix)
- 5) Hartex (Friedr. Krupp GmbH)

Die Einbettmassen kommen als luftdicht verpackte Pulver in den Handel. So wird verhindert, daß das Material schon vor Gebrauch durch Feuchtigkeit Zutritt in irgendeiner Weise nachteilig verändert wird und nicht mehr den herstellerteilig versprochenen Anforderungen genügt. Die Pulver sind unterschiedlich eingefärbt, meistens grau, jedoch auch grünlich und rötlich bis braun, je nach Ansicht des Herstellers.

Ein Teil der Einbettmassen soll mit abgestandenem bzw. destilliertem Wasser angerührt werden, während dem anderen Teil die Anmischflüssigkeit bereits beigegeben ist. Diese Flüssigkeiten haben den Zweck, die Abbindeexpansion in genau berechenbaren Dimensionen zu steuern. Die Flüssigkeiten sind meistens farblos, bei Hydrovest ist sie rot.

B 2) DIE HERSTELLUNG DER PRÜFKÖRPER

Größe und Form der Prüfkörper waren bereits im voraus durch die Abmessungen der Prüfkammer des Gasdurchlässigkeits-Prüfgeräts 6201 der Firma Zwick festgelegt. Danach mußten die Proben zylinderförmig sein und einen Durchmesser von 35,7 mm haben. Die Höhe wurde hierbei mit 10 mm willkürlich festgelegt. Um immer eine gleiche Größe und Form der Prüfkörper zu erzielen, wurde als Einbettform ein geteilter Messingring verwendet, der zur Fixierung von einem äußeren zweiten Messingring zusammengehalten wurde. Die Abmessungen des Innenringes entsprachen denen des Prüfkörpers: Durchmesser 35,7 mm, Höhe 10 mm, die Wandstärke betrug 3 mm. Insgesamt standen 5 gleiche Einbettformen zur Verfügung.



Abb. 1: Die verwendete Einbettform

Das Anmischen der Einbettmassen geschah streng nach den Vorschriften der Hersteller. Es wurde insbesondere auf ein exaktes Pulver : Wasser - Verhältnis geachtet. In der Tabelle 1 auf S. 14 sind die Daten bezüglich der Anmischflüssigkeit, des Wasser : Pulver - Verhältnisses und der Anmischzeit zusammengefaßt. Die Pulvermenge wurde bis auf 1 g genau abgewogen, die Flüssigkeit konnte in einem Meßbecher bis auf 0,5 ml genau abgemessen werden. Um menschliche Unzulänglichkeiten auszuschalten, wurden die Einbettmassen grundsätzlich mit dem Multivac-Vakuumanrührgerät der Firma Degussa angerührt. In Vorversuchen wurde bereits festgestellt, daß die Verarbeitungszeit verschiedener Einbettmassen es nicht zuließ, alle fünf Formen in einem Zug zu füllen. Deshalb wurden grundsätzlich zuerst nur die ersten drei Formen gefüllt. Für die restlichen beiden mußte erneut Einbettmasse angemischt werden. Als Anmischvolumen reichten stets 100 g Pulver plus der dazugehörigen Flüssigkeitsmenge aus.

Die Einbettformen werden vor ihrer Verwendung innen hauchdünn mit weißer Vaseline eingefettet. Dadurch können später die abgebundenen Proben nach Abnehmen des äußeren Stützringes unbeschädigt von dem Innenring gelöst werden. Die Formen werden anschließend auf Glasplatten gelegt und zusammen mit diesen auf einen Vibrator gestellt. Nach dem Abmessen der Pulver- und Flüssigkeitsmenge wird zuerst die Flüssigkeit in das trockene Anmischgefäß gegeben, sodann zügig das Pulver eingestreut und mit einem Spatel kurz gemischt. Das eigentliche Anmischen wird von dem Gerät besorgt, das auch die zuvor bestimmte Anrührzeit automatisch einhält. - Bei denjenigen Proben, die evakuiert angerührt werden sollten, wurde mit Beginn des automatischen Anrührens das Vakuum aufgebaut und das Anmischgefäß erst nach dem Ende der Anrührzeit wieder geflutet. - Der Einbettmassebrei wird dann in die bereitgestellten Formen eingerüttelt, wobei darauf geachtet werden muß, daß möglichst keine Luftblasen mit eingeschlossen werden. Sodann preßt man eine Glasplatte bündig auf die Oberseite der Einbettform. Der Überschuß wird damit entfernt, und der Prüfkörper erhält gleichzeitig eine glatte Oberfläche.

Nach dem Abbinden der Einbettmasse kann man die beiden Glasplatten mühelos entfernen. Der äußere Stützring wird jetzt abgenommen, der innere Messingring aufgeklappt und die Probe entnommen.

Die abgebundenen Proben werden anschließend im Trockenschrank 1/2 Std. lang einer Temperatur von ca. 280°C ausgesetzt. Trockenzeit und Trockentemperatur sind für alle Einbettmassen gleich. Die Proben der gipsgebundenen und der phosphatgebundenen Ein-

bettmassen werden nun in den auf 400°C aufgeheizten Vorwärmofen gebracht und 10 min lang bei dieser Temperatur belassen. Anschließend wird zügig auf 700°C hochgeheizt. Man verhindert so, daß sich Sprünge bilden, wie dies bei einem zu raschen Erhitzen zu erwarten ist. Die Einbettmasse hat so genügend Zeit, den Spannungsausgleich zwischen den wärmeren äußeren und den weniger warmen inneren Schichten der Proben vorzunehmen. 30 min nach dem Übergang auf die höhere Temperatur werden die Proben aus dem Ofen entfernt. - Die silikatgebundenen Einbettmasseproben werden nach dem Einbringen in den 400°C heißen Vorwärmofen zügig bis auf 1000°C erwärmt. Diese Temperatur wird 15 min lang beibehalten. Ist die Zeit um, werden die Proben aus dem Ofen genommen.

Nach dem Abkühlen müssen die Prüfkörper zur Aufnahme in die Prüfkammer des Gasdurchlässigkeits-Prüfgerätes vorbereitet werden. Das Ziel dieser Maßnahme ist, eine exakte Abdichtung des eingespannten Prüfkörpers nach außen hin zu erreichen, so daß das Prüfgas den Prüfkörper verlustlos durchströmen kann. Die Probe wird zu diesem Zweck mit einem Messingstützring umgeben, der einen Innendurchmesser von 52,6 mm hat. Der ringförmige Zwischenraum zwischen Probe und Messingring wird nun mit einem Siliconkautschuk ausgefüllt. Nach dem Vulkanisieren ist der aus Einbettmassenprobe, Siliconkautschuk und Messingstützring bestehende Prüfkörper fertig zum Einspannen in die Prüfkammer des Gasdurchlässigkeits-Prüfgeräts.

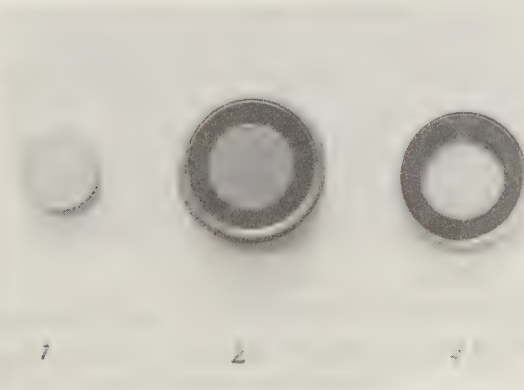


Abb. 2: 1: Einbettmassenprobe
2: Probe + Stützring
3: fertiger Prüfkörper

Tabelle 1

Material	Anmischflüssigkeit	Pulver : Wasser - Verhältnis	Anmischzeit (sec)
Duroterm	Aqua dest.	100 : 34	30
Beauty Cast	"	100 : 30	30
Kompens	"	100 : 36	30
Begocast	"	100 : 40	30
E 316	"	100 : 33	30
DC Cristobalit	"	100 : 33	30
Gray Investment	"	100 : 28	30
Aurovest	beigegeben	100 : 18	120
Deguvest HFG	"	100 : 14	45
Ceramigold Investment	"	100 : 14	45
Wirovest C	Aqua dest.	100 : 15	30
Rema P	"	100 : 14	30
Multi-Vest	"	100 : 14	30
Hydrovest	beigegeben	100 : 13	30
Hartex	"	100 : 18	30

Die beigegebenen Flüssigkeiten wurden in folgendem Verdünnungsgrad verwendet:

Aurovest-Flüssigkeit	: 50 %ig
Deguvest-Flüssigkeit	: 75 %ig
Ceramigold Investment-Flüssigkeit	: 100 %ig
Hydrovest-Flüssigkeit	: 100 %ig

Die Hartex-Anmischflüssigkeit mußte erst aus zwei verschiedenen Binderlösungen im Verhältnis 9 : 1 angesetzt werden und wurde dann in dieser Konzentration verwendet.

B 3) DIE MESSUNG DER LUFTDURCHLÄSSIGKEIT

a) Beschreibung der Apparatur

Die Anlage zur Messung der Luftdurchlässigkeit besteht aus drei hintereinandergeschalteten Einheiten: einem Kompressor-Druckminderer "Junior" mit aufgesetztem Feinmeßmanometer, beides von der Firma Drägerwerk Lübeck, dem Gasdurchlässigkeits-Prüfgerät 6201 der Firma Zwick in Einsingen über Ulm und einem Experimentiergaszähler der Gattung 111, Größe 00 der Firma Elster in Mainz-Kastel. Als Prüfgas wird Preßluft aus einer Kompressoranlage verwendet.

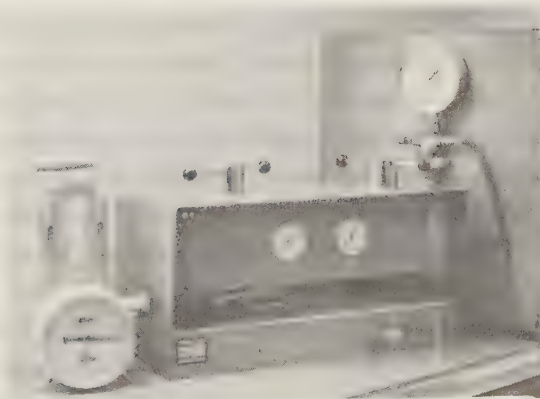


Abb. 3: Aufbau der Meßgeräte

Das Gasdurchlässigkeits-Prüfgerät besteht aus zwei gleichen, in einem geschlossenen Stahlblechgehäuse getrennt voneinander untergebrachten, unabhängigen Prüfeinrichtungen. Jede Prüfeinrichtung besteht im wesentlichen aus einer Prüfkammer und den zu- und abführenden Druckleitungen. - Für die Messung der Luftdurchlässigkeit wurde nur eine Einheit benutzt. Jede Prüfkammer setzt sich aus einer oberen und einer unteren Meßkammer zusammen. Während die untere unbeweglich in das Gerät eingebaut ist, wird die obere zum Einlegen des Prüfkörpers durch Drehen des über die Gerätedecke ragenden Griffes hochgefahren bzw. gespannt. Zwischen den ringförmigen Spannflächen dieser Meßkammern werden die Prüfkörper eingespannt und nach außen hin abgedichtet. Über ein an der Gerätefront angebrachtes Nadelventil und eine sich anschließende Druckleitung gelangt das Prüfgas in die obere Meßkammer, durchströmt den Prüfkörper und anschließend die untere Kammer. Die für den Gasdurchgang wirksame Prüffläche hat einen Durchmesser von 35,7 mm. An die Prüffläche schließt sich nach außen hin die Spannfläche an, die an ihrem äußeren Rand 52,6 mm im Durchmesser mißt. Diese Abmessungen legen die Größe der Prüfkörper fest.

Das Gasdurchlässigkeits-Prüfgerät wurde entwickelt zur Bestimmung der Gasdurchlässigkeit von Stoffen mit Diffusionsverhalten, wie z.B. Gummi. Da diese Stoffe einen hohen Strömungswiderstand haben, kommen während der Messung nur kleine Druck- und Volumenänderungen vor. Das Gasvolumen der oberen Meßkammer, die die Funktion eines Druckbehälters versieht, ist hierbei völlig ausreichend. Die Einbettmassen haben jedoch aufgrund ihrer Porosität einen sehr niedrigen Strömungswiderstand. Der Druck in der Meßkammer würde deshalb innerhalb kürzester Zeit auf Null abfallen. Zu Beginn der Messung könnte mehr Gas den Prüfkörper durchströmen als einen Augenblick später, wo niedrigere Druckverhältnisse herrschen und damit ein geringerer Gasdurchsatz vorläge. Dies würde ungleiches Verhalten während der Meßzeit bedeuten. Es könnten deshalb keine Angaben über die Gasmenge bezüglich des Volumens pro Zeiteinheit gemacht werden. Grundvoraussetzung zur Messung der Luftdurchlässigkeit von Einbettmassen muß deshalb sein, einen konstanten Druck in der Meßkammer zu schaffen. Dies wurde in der vorliegenden Anlage durch Anschluß an ein Luftdrucknetz verwirklicht. - Dieses Luftdrucknetz wird von einer Kompressoranlage mit einem Netzdruck von ca. 4 atü gespeist. Der Druckbehälter faßt 250 Liter. Der Einschaltdruck liegt bei 7 atü, d.h., sinkt der Behälterdruck unter diesen Wert ab, so schaltet sich die Anlage selbsttätig ein und lädt den Druckbehälter bis zum Erreichen des Ausschaltdruckes von ca. 15 atü auf. An der Ausgangsseite befindet sich

ein Sicherheitsventil, das bei unzulässig hohen Drücken abbläst. Der Netzdruck von 4 atü wird mittels eines unmittelbar hinter dem Sicherheitsventil liegenden Druckminderers erreicht. Diese Anordnung der Kompressoranlage gewährleistet einen konstanten Netzdruck. - Die Preßluft wird über ein Membrandosierventil dem Luftdrucknetz entnommen und durch den Druckminderer "Junior" auf einen Hinterdruck von $0,75 \text{ kp/cm}^2$, $1,00 \text{ kp/cm}^2$ und $1,25 \text{ kp/cm}^2$ gemindert, je nach dem gerade gewählten Meßbereich. Das Feinmeßmanometer gestattet es dabei, diesen Druck auf 0,005 at genau einzuregeln und konstant zu halten, so daß alle Messungen ohne Druckschwankungen durchgeführt werden können.

Ein druckfester Schlauch verbindet den Druckminderer mit dem Anschlußventil des Gasdurchlässigkeits-Prüfgerätes. Die Preßluft gelangt von hier aus über eine Rohrleitung zur oberen Meßkammer, durchströmt den Prüfkörper und die untere Meßkammer und wird über eine weitere Rohrleitung dem Ausgang des Gerätes zugeführt. Hier nimmt ein 1 m langer PVC-Schlauch mit einer lichten Weite von 6 mm das Prüfgas auf. Über einen zweiten sich anschließenden 1 m langen PVC-Schlauch von 9 mm lichter Weite wird es dem Experimentiergaszähler zugeführt. Es handelt sich hierbei um einen Naßzähler, der nach dem Crosley-System arbeitet. Als Sperrflüssigkeit wird Wasser verwendet. Das gemessene Gasvolumen wird über einen konzentrisch angebrachten Zeiger auf einem Zifferblatt angezeigt. Eine volle Zeigerumdrehung entspricht 1 Liter. Die Skala ist soweit unterteilt, daß 10 ml noch exakt abgelesen werden können. Außerdem wird das Meßvolumen auf ein fünfstelliges Rollenzählwerk übertragen. Die kleinste angezeigte Einheit beträgt hierbei 1 Liter. Eine Stoppuhr mit Zehntelsekundeneinteilung dient als Zeitmesser zur Bestimmung des jeweiligen Zeitpunktes, zu dem das gerade angezeigte Meßvolumen abzulesen ist.

B 3) b) Durchführung der Messung

In der vorliegenden Arbeit soll die Luftdurchlässigkeit von 15 verschiedenen Materialien untersucht werden. Um Vergleiche ziehen zu können ist es notwendig, eine große Anzahl von Messungen durchzuführen.

Von jedem Material wird eine Serie von 10 nicht evakuiert angerührten und eine weitere Serie von 10 evakuiert angerührten Prüfkörpern untersucht. Dadurch läßt sich eine Aussage darüber machen, welchen Einfluß eine Evakuierung auf die Luftdurchlässigkeit ausübt. Weiterhin wird jeder Prüfkörper bei drei verschiedenen Drücken untersucht: $0,75 \text{ kp/cm}^2$, $1,00 \text{ kp/cm}^2$ und $1,25 \text{ kp/cm}^2$. Es läßt sich somit feststellen, in welchem Verhältnis die Druckerhöhung eine Änderung der Luftdurchlässigkeit bewirkt. - Schließlich wird jeder Prüfkörper beim gleichen Druck und Evakuierungsgrad 5 min lang untersucht. Man notiert zum Ende einer jeden vollen Minute den Zählerstand des Volumenzählers und erhält somit für einen Prüfkörper für jeden Meßbereich 5 Werte, bei den 10 Prüfkörpern für den gleichen Meßbereich also eine 50-fache Wiederholung. Insgesamt fallen für jedes Material somit 300 Meßwerte an ($50 \text{ Wiederholungen} \times 2 \text{ Evakuierungsgrade} \times 3 \text{ Druckbereiche}$).

C) VERSUCHSERGEBNISSE

Von jedem Material wurde eine Serie von 10 nicht evakuiert angerührten und 10 evakuiert angerührten Prüfkörpern hergestellt, wobei jeder einzelne 5 min lang bei 3 verschiedenen Drücken untersucht wurde. Daraus ergaben sich für jeden der 15 Stoffe je Druckstufe 50 verschiedene Meßwerte. Um die Anzahl der Meßwerte auf ein vertretbares Maß zu reduzieren, wurden aus dieser Werteschar die Mittelwerte errechnet und in den folgenden beiden Tabellen zusammengestellt. Die Tabelle 2 enthält die Zusammenfassung der Meßwerte der nicht evakuiert angerührten Einbettmasseprüfkörper. - Die Tabelle 3 enthält die Zusammenfassung der Meßwerte der evakuiert angerührten Einbettmasse-Prüfkörper.

Tabelle 2

Meßwerte der nicht evakuiert angerührten Einbettmassen

Mittelwerte der Luftdurchlässigkeit in l/min:

Material		Prüfdruck in kp/cm^2		
		0,75	1,00	1,25
Duroterm	:	0,2482	0,3442	0,4430
Beauty Cast	:	0,5882	0,7944	1,0018
Kompens	:	0,2828	0,3732	0,5050
Begocast	:	0,4574	0,6182	0,7868
E 316	:	0,3696	0,5088	0,6558
DC Cristobalit	:	0,5752	0,7762	0,9740
Gray Investment	:	0,5948	0,8048	1,0148
Aurovest	:	0,4400	0,6130	0,7838
Deguvest HFG	:	0,2566	0,3606	0,4706
Ceramigold Investment	:	0,2052	0,2934	0,3878
Wirovest C	:	0,6440	0,8776	1,1060
Rema P	:	0,6200	0,8496	1,0716
Multi Vest	:	0,3808	0,5368	0,6918
Hydrovest	:	0,1796	0,2572	0,3418
Hartex	:	0,7406	0,9292	1,0990

Tabelle 3

Meßwerte der evakuiert angerührten Einbettmassen

Mittelwerte der Luftdurchlässigkeit in l/min:

Material		Prüfdruck in kp/cm^2		
		0,75	1,00	1,25
Duroterm	:	0,2592	0,3616	0,4690
Beauty Cast	:	0,6240	0,8308	1,0418
Kompens	:	0,3312	0,4538	0,5860
Begocast	:	0,5056	0,6888	0,8810
E 316	:	0,4456	0,6110	0,7902
DC Cristobalit	:	0,6046	0,8170	1,0348
Gray Investment	:	0,6504	0,8688	1,1104
Aurovest	:	0,3586	0,5114	0,6594
Deguvest HFG	:	0,1632	0,2302	0,3040
Ceramigold Investment	:	0,1480	0,2126	0,2852
Wirovest C	:	0,5628	0,7712	0,9842
Rema P	:	0,5240	0,7220	0,9256
Multi Vest	:	0,3018	0,4268	0,5492
Hydrovest	:	0,1186	0,1694	0,2300
Hartex	:	0,7064	0,8906	1,0570

Die Luftdurchlässigkeit von Einbettmassen wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit nach einem rein physikalischen Versuchsansatz ermittelt. Es konnte deshalb auf die bei biologischen Versuchsansätzen möglicherweise notwendig werdenden statistischen Auswertungen verzichtet werden. Außerdem ließen die einzelnen Stoffe in ihren Meßwerten nur sehr geringe Varianzen erkennen. Es erschien somit vertretbar, eine Auswertung an Hand der vorliegenden Meßwerte vorzunehmen, da diese aussagekräftig genug sind. Damit erübrigt sich eine weitere statistische Betrachtungsweise. -

Um diesen Sachverhalt zu verdeutlichen, wird in den folgenden Tabellen für jeden Stoff der Mittelwert, die Standardabweichung und die Standardabweichung des Mittelwertes der Meßwerte aufgeführt. Als Beispiel hierfür stehen die Daten, die aus den Meßwerten errechnet wurden, die während der 2. Minute der Messung beim einem Prüfdruck von $1,00 \text{ kp/cm}^2$ ermittelt wurden.

Tabelle 4

Mittelwert, Standardabweichung und Standardabweichung des Mittelwertes der Meßwerte der nicht evakuiert angerührten Einbettmassen

Material	I)	II)	III)
Duroterm	: 0,3480	0,0187	0,0059
Beauty Cast	: 0,7920	0,0545	0,0172
Kompens	: 0,3690	0,0280	0,0088
Begocast	: 0,6150	0,0397	0,0125
E 316	: 0,5090	0,0207	0,0065
DC Cristobalit	: 0,7760	0,0227	0,0071
Gray Investment	: 0,8080	0,0175	0,0055
Aurovest:	: 0,6100	0,0382	0,0121
Deguvest HFG	: 0,3630	0,0254	0,0080
Ceramigold Investment	: 0,2950	0,0279	0,0088
Wirovest C	: 0,8780	0,0518	0,0163
Rema P	: 0,8530	0,0518	0,0164
Multi Vest	: 0,5340	0,0263	0,0083
Hydrovest	: 0,2570	0,0156	0,0049
Hartex	: 0,9250	0,0195	0,0061

I) = Mittelwert

II) = Standardabweichung

III) = Standardabweichung der Mittelwertes

Tabelle 5

Mittelwert, Standardabweichung und Standardabweichung des Mittelwertes der Meßwerte der evakuiert angerührten Einbettmassen

Material	I)	II)	III)
Duroterm	: 0,3620	0,0214	0,0067
Beauty Cast	: 0,8260	0,0323	0,0102
Kompens	: 0,4580	0,0214	0,0067
Begocast	: 0,6900	0,0278	0,0088
E 316	: 0,6140	0,0201	0,0063
DC Cristobalit	: 0,8150	0,0337	0,0106
Gray Investment	: 0,8690	0,0523	0,0165
Aurovest	: 0,5140	0,0283	0,0089
Deguvest HFG	: 0,2290	0,0207	0,0065
Ceramigold Investment	: 0,2130	0,0211	0,0066
Wirovest C	: 0,7750	0,0295	0,0093
Rema P	: 0,7140	0,0250	0,0079
Multi Vest	: 0,4270	0,0156	0,0049
Hydrovest	: 0,1710	0,0110	0,0034
Hartex	: 0,8890	0,0128	0,0040

I) = Mittelwert

II) = Standardabweichung

III) = Standardabweichung des Mittelwertes

D) DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung von verschiedenen Einbettmassen auf ihre Luftdurchlässigkeit. Die Einbettmassen gehören drei unterschiedlichen Gruppen an, die sich sowohl in ihrer Zusammensetzung als auch in ihrem Anwendungsbereich stark voneinander unterscheiden. Sie sind deshalb nur innerhalb der gleichen Gruppe miteinander vergleichbar. Für die Rangfolge der einzelnen Stoffe ist die Luftdurchlässigkeit (L), gemessen als Volumen pro Zeiteinheit, maßgebend. Wie bereits erwähnt, wurde als Zeiteinheit 1 min angenommen. Somit ergibt sich die folgende Beziehung: $L = \frac{\text{Volumen}}{\text{Zeit}} \left[\frac{1}{\text{min}} \right]$. Zum Vergleich werden die Mittelwerte der Luftdurchlässigkeit, gemessen bei den drei verschiedenen Druckstufen, herangezogen.

Bei der Gruppe der gipsgebundenen Einbettmassen ergibt sich sowohl aus den Werten der Tabelle 2 als auch der Tabelle 3 eine eindeutige Reihenfolge. Die größte Luftdurchlässigkeit weist Gray Investment auf, die kleinste Duroterm. In der Gruppe der phosphatgebundenen Einbettmassen weist Aurovest die größte Luftdurchlässigkeit auf, und in der Gruppe der silikatgebundenen steht Hartex an erster Stelle.

Die folgenden drei Übersichten zeigen die vollständige Reihenfolge und stellen die Meßwerte der nicht evakuiert angerührten und der evakuiert angerührten Einbettmassen gegenüber. Diese Werte ergeben sich aus der Zusammenfassung der Mittelwerte der drei Druckstufen zu einem einzigen Mittelwert. Außerdem ist aus der Übersicht zu ersehen, wie hoch der Prozentsatz der Luftdurchlässigkeit für die einzelnen Stoffe, gemessen an der Luftdurchlässigkeit des Materials mit dem höchsten Wert ist.

Übersicht I (gipsgebundene Einbettmassen)

Stoff		Mittelwert nicht evak.	Mittelwert evakuiert
1) Duroterm	:	0,3451 43 %	0,3633 41 %
2) Kompens	:	0,3873 48 %	0,4570 52 %
3) E 316	:	0,5114 64 %	0,6156 70 %
4) Begocast	:	0,6208 78 %	0,6918 79 %
5) DC Cristobalit	:	0,7751 97 %	0,8188 93 %
6) Beauty Cast	:	0,7948 99 %	0,8322 95 %
7) Gray Investment	:	0,8048 100 %	0,8765 100 %

Übersicht II (phosphatgebundene Einbettmassen)

Stoff		Mittelwert nicht evak.	Mittelwert evakuiert
1) Ceramigold Inv.	:	0,2955 48 %	0,2153 42 %
2) Deguvest HFG	:	0,3626 59 %	0,2325 46 %
3) Aurovest	:	0,6123 100 %	0,5098 100 %

Übersicht III (silikatgebundene Einbettmassen)

Stoff		Mittelwert nicht evak.	Mittelwert evakuiert
1) Hydrovest	:	0,2595 20 %	0,1727 28 %
2) Multi Vest	:	0,5365 50 %	0,4259 58 %
3) Rema P	:	0,8471 92 %	0,7239 82 %
4) Wirovest C	:	0,8759 95 %	0,7727 87 %
5) Hartex	:	0,9229 100 %	0,8847 100 %

Auf S.28 sind die Ergebnisse aus den Übersichten I, II und III in Form von Säulendiagrammen für die 15 untersuchten Stoffe dargestellt. In den Diagrammen auf S. 29, 30 und 31 wird der Vergleich der Luftdurchlässigkeit der nicht evakuierten und evakuierten Werte in Abhängigkeit des aufgewendeten Prüfdruckes wiedergegeben. Hieraus lassen sich folgende Sachverhalte ablesen:

- 1) Die Luftdurchlässigkeit einer Einbettmasse steigt linear proportional mit dem Prüfdruck an. Diese lineare Beziehung gilt sowohl für die nicht evakuiert angerührten als auch für die evakuiert angerührten Prüfkörper und trifft für alle untersuchten Einbettmassen zu. Das Ausmaß des Anstiegs der Luftdurchlässigkeit bei einer Erhöhung des Prüfdruckes ist jedoch eine Eigenschaft, die an die jeweilige Einbettmasse gebunden ist, d.h. die verschiedenen Einbettmassen zeigen bei einer Druckerhöhung einen unterschiedlich großen Anstieg in der Luftdurchlässigkeit. Es läßt sich feststellen, daß gering luftdurchlässige Stoffe nur mäßig in ihrer Luftdurchlässigkeit bei einer Erhöhung des Prüfdruckes ansteigen, und daß stärker luftdurchlässige Stoffe steilere Anstiegswerte zeigen.

- 2) Eine Evakuierung der Luft während des Anrührens hat, je nach der betrachteten Einbettmassengruppe, eine unterschiedliche Auswirkung auf die Luftdurchlässigkeit der Einbettmassen:
- a) In der Gruppe der gipsgebundenen Einbettmassen bewirkt die Evakuierung einen leichten Anstieg der Luftdurchlässigkeit.
 - b) In der Gruppe der phosphat- und silikatgebundenen Einbettmassen bewirkt die Evakuierung eine Verminderung der Luftdurchlässigkeit.

Das Ausmaß des Anstiegs der Luftdurchlässigkeit bei einer Evakuierung der gipsgebundenen Stoffe, bzw. das Ausmaß des Abfalls bei den phosphat- und silikatgebundenen Stoffen ist für jede Einbettmasse unterschiedlich und deshalb auch als eine an den jeweiligen Stoff gebundene Eigenschaft zu werten.

Alle vorliegenden Luftdurchlässigkeitswerte wurden bei Prüfkörpern ermittelt, die zuvor bis auf die vorgeschriebene Vorwärmtemperatur erhitzt wurden, zum Zeitpunkt der Messungen jedoch bis auf Zimmertemperatur abgekühlt waren. Aus technischen Gründen ließen sich die Messungen nicht bei den während des Gußvorgangs herrschenden Temperaturen durchführen, denn nur die in diesem Temperaturbereich gemessenen Werte ergäben einen Aufschluß über die Auswirkung der Luftdurchlässigkeit auf den Gußvorgang. Will man aus den vorliegenden Ergebnissen Schlüsse auf die Güte einer Einbettmasse ziehen, so muß man bedenken, daß eine hohe Luftdurchlässigkeit zwar erwünscht ist, jedoch nur ein Charakteristikum einer guten Einbettmasse ist.

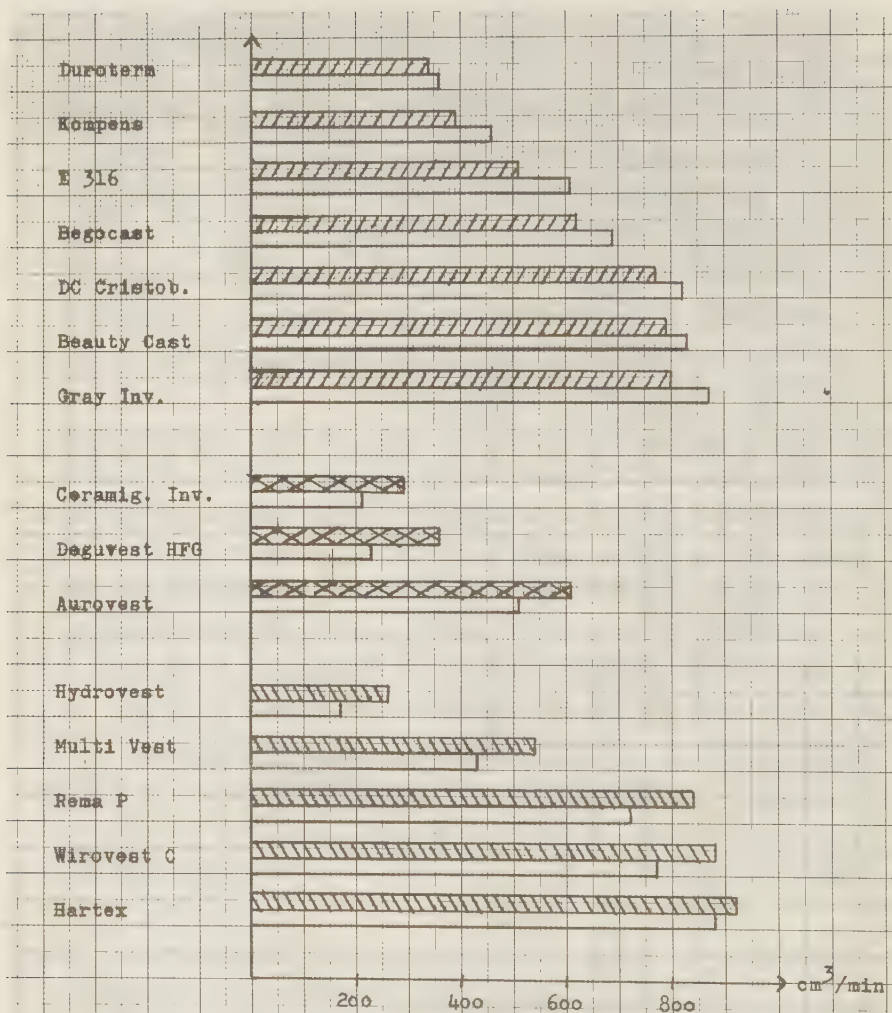
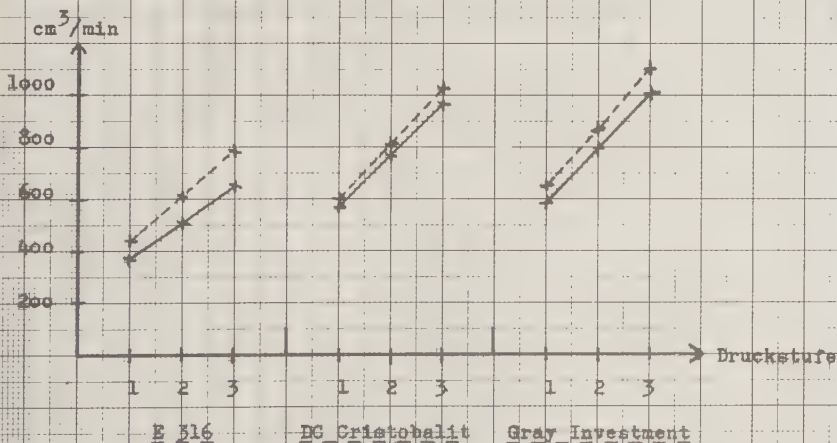
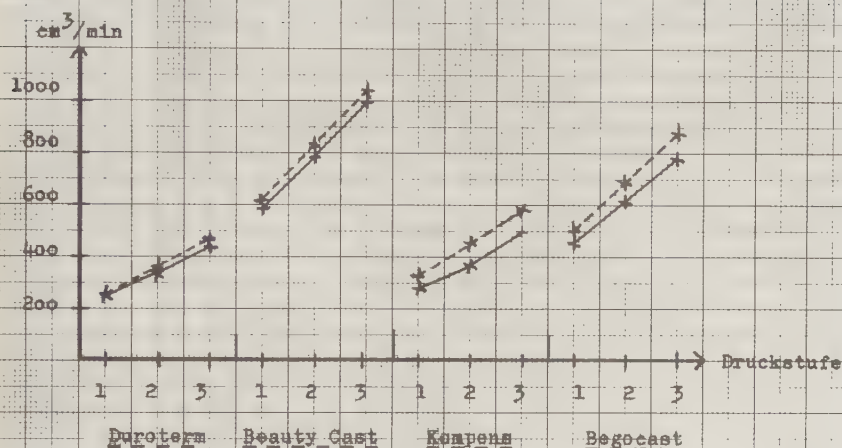


Diagramm 1

Vergleich der Mittelwerte der nicht evakuiert (= schraffiert) und der evakuiert (= nicht schraffiert) angerührten Einbettmassen

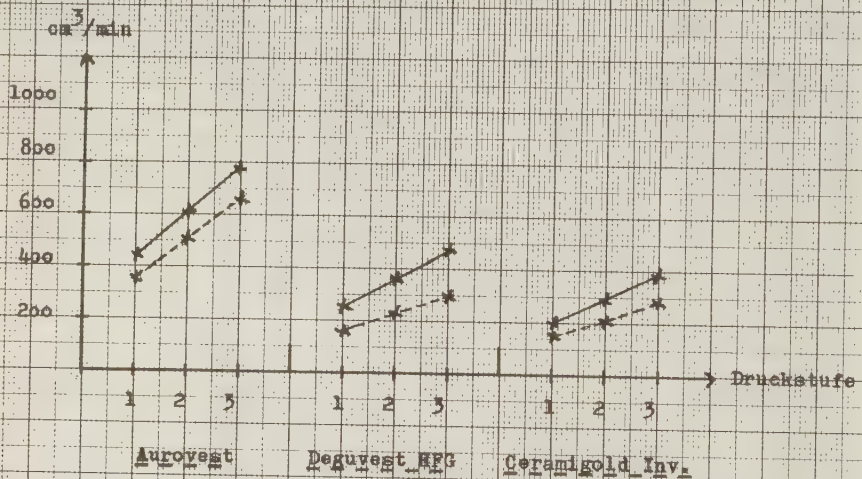


Druckstufen: 1 = 0,75 kp/cm² ——— nicht evak. Werte
 2 = 1,00 kp/cm² - - - - - evakuierte Werte
 3 = 1,25 kp/cm²

Diagramm 2

gipsgebundene Einbettmassen

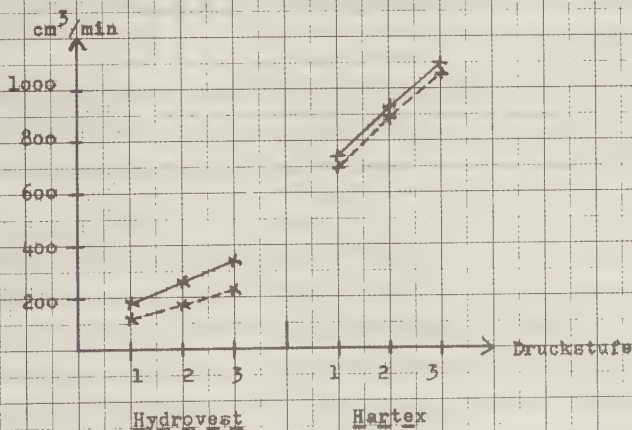
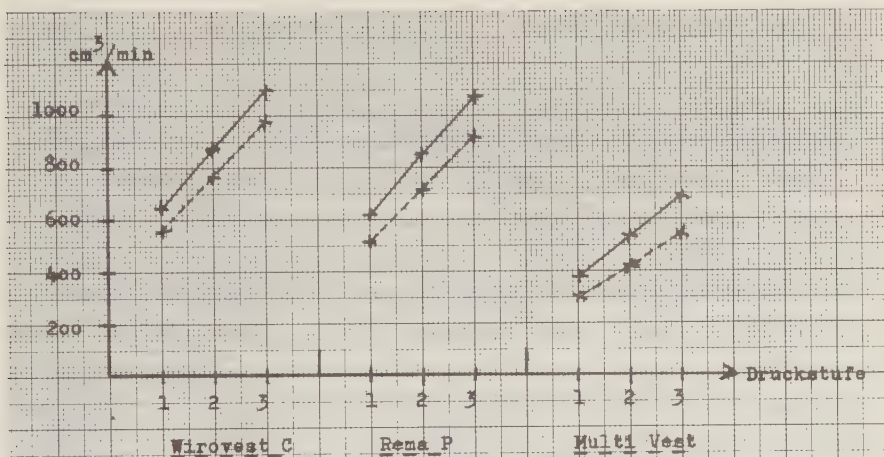
Luftdurchlässigkeit in Abhängigkeit des aufgewendeten Prüfdruckes
 (Vergleich der nicht evakuierten und der evakuierten Werte)



Druckstufen: 1 = 0,75 kp/cm² ——— nicht evak. Werte
 2 = 1,00 kp/cm² - - - - - evakuierte Werte
 3 = 1,25 kp/cm²

Diagramm 3 phosphatgebundene Einbettmassen

Luftdurchlässigkeit in Abhängigkeit des aufgewendeten Prüfdruckes
 (Vergleich der nicht evakuierten und der evakuierten Werte)



Druckstufen: 1 = 0,75 kp/cm^2
 2 = 1,00 kp/cm^2
 3 = 1,25 kp/cm^2

— nicht evak. Werte
 --- evakuierte Werte

Diagramm 4

silikatgebundene Einbettmassen

Luftdurchlässigkeit in Abhängigkeit des aufgewendeten Prüfdruckes
 (Vergleich der nicht evakuierten und der evakuierten Werte)

E) ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurde die Luftdurchlässigkeit von 15 verschiedenen handelsüblichen Einbettmassen untersucht. Diese Einbettmassen gehören ihrer Zusammensetzung und ihrem Anwendungsbereich nach drei verschiedenen Gruppen an. Es handelt sich hierbei um 7 gipsgebundene, 3 phosphatgebundene und 5 silikatgebundene Einbettmassen. Die Messung der Luftdurchlässigkeit erfolgte mittels einer eigens zu diesem Zweck erstellten Versuchsanordnung. Von jeder Einbettmasse wurden 10 nicht evakuiert angerührte und 10 evakuiert angerührte Prüfkörper untersucht. Die Messungen erfolgten bei drei verschiedenen Drücken. Hierbei wurde die Luftdurchlässigkeit in Litern pro Minute ermittelt. Diese Meßwerte stellten die Grundlage zum Vergleich der Einbettmassen untereinander dar.

In der Gruppe der gipsgebundenen Einbettmassen weist Gray Investment die höchste Luftdurchlässigkeit auf, bei den phosphatgebundenen ist es Aurovest und bei den silikatgebundenen Hartex.

Weiterhin wurde festgestellt, daß die Luftdurchlässigkeit einer Einbettmasse linear proportional mit dem aufgewendeten Prüfdruck ansteigt. Das Ausmaß des Anstiegs ist für alle Stoffe unterschiedlich groß und als spezifische Eigenschaft der jeweiligen Einbettmasse zu sehen.

Außerdem wurde die Auswirkung der Evakuierung der Luft während des Anrührens auf die Luftdurchlässigkeit untersucht. Hierbei ergaben sich zwei unterschiedliche Ergebnisse: während in der Gruppe der gipsgebundenen Einbettmassen durch die Evakuierung ein leichter Anstieg der Luftdurchlässigkeit erreicht wurde, bewirkte die Evakuierung in der Gruppe der phosphat- und silikatgebundenen Einbettmassen eine Verminderung der Luftdurchlässigkeit.

F) LITERATURVERZEICHNIS

- 1) American Dental Association Specifications for Dental Materials
Specification No. 2 for Dental Inlay Casting
Investments
Chicago 1960
- 2) BONSACK, Chr. Der heutige Stand des Gußproblems
Dtsch. zahnärztl. Z. 8, 5 u. 67 (1953)
- 3) EICHNER, K. Leitfaden der zahnärztlichen Werkstoffe und ihrer
Verarbeitung
Berlin 1960
- 4) EICKHOFF, J. Der "Kalt-Vakuumdruckguß" in der Zahnheilkunde
Med. Diss. Mainz 1972
- 5) FEINMANN, P.B. Zahnärztliche Einbettungsmethoden und Gußprobleme
(50 Jahre seit W.H. Taggart)
Med. Diss. Düsseldorf 1958
- 6) HAN, D.S. Experimentelle Untersuchungen zur weiteren Klärung
des Gußproblems
Dtsch. Mschr. Zahnheilk. 48, 529 (1930)
- 7) HAUPTMEYER, F. Die mundbeständigen Nichtedelmetalle Wipla und
Vitalium in ihrer Vervollkommnung und Bedeutung
für die Zahnheilkunde
Zahnärztl. Rdsch. 44, 845 (1935)
- 8) HOLLEMAN-WIBERG Lehrbuch der anorganischen Chemie
Berlin 1964
- 9) KLOHE, F.J. Experimentelle Untersuchungen der Auswirkung von
Super-Setting auf die Erstarrungszeit, die Kugel-
druckhärte, die Druckfestigkeit und die Luftdurch-
lässigkeit von verschiedenen zahnärztlichen Einbett-
massen
Med. Diss. Mainz 1967
- 10) KYSELOVA, J.,
B. KYSELA,
J. MARES Der Einfluß der Gußapparate auf das Vorkommen
der Defekte in den Dentalgüssen
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 69, 403 (1959)
- 11) OESCHGER, H.X. Vergleichende Untersuchungen über das Einbetten
mit im Vakuum von Luftblasen befreiter Einbettmasse
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilk. 22, 208 (1955)
- 12) REHBERG, H.J. Untersuchungen über eine neue Einbettmasse für den
Guß hochschmelzender Legierungen
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilk. 22, 193 (1955)
- 13) REHBERG, H.J. Über eine neue Einbettmasse für Stahlguß - vorläufi-
ge Mitteilung
Dtsch. zahnärztl. Z. 9, 1043 (1953)

- 14) REITHER, W. und W. STECK Neue Untersuchungen über die Abbindeexpansion
verschiedener Einbettmassen
Dtsch. zahnärztl. Z. 22, 1235 (1967)
- 15) RITZE, H. Grundsätzliches zum Einbett- und Gußverfahren
Dtsch. zahnärztl. Z. 22, 1206 (1967)
- 16) SCHELL, J.S. und E.R. DOOTZ Permeability of investment at the casting temperature
J. dent. Res. 40, 999 (1961)
- 17) SCHNELL, R.J.,
G. MUMFORD,
R.W. PHILLIPS An evaluation of phosphate banded investments used
with a high fusing gold alloy
J. prosth. Dent. 13, 324 (1963)
- 18) WAGNER, E. Beitrag zum Präzisionsgußverfahren
Dtsch. zahnärztl. Z. 22, 1215 (1967)
- 19) ZAJONCZKOWSKI, J. Versuch, die Gesetzmäßigkeiten für die Gasdurch-
lässigkeit von zahnärztlichen Einbettmassen zu fin-
den
Med. Diss. Erlangen 1949

An dieser Stelle möchte ich Herrn Professor Dr. H. Marx für die Überlassung des Themas und seine freundliche Unterstützung herzlichst danken.

Herrn Professor Dr. K. Fuhr danke ich für seine Mühen als Korreferent.

Ebensolchen Dank schulde ich Herrn Dr. Schicketanz für seine Ratschläge bei der statistischen Auswertung der Meßwerte.

LEBENS LAUF

Am 22.11.1947 wurde ich, Werner Frees, als Sohn des Metzgermeisters Hans Frees und dessen Ehefrau Gertrud, geb. Klitz, in Nieder-Saulheim geboren.

Von Ostern 1954 bis 1958 besuchte ich die Volksschule in Udenheim. Sodann war ich Schüler des Staatlichen Gymnasiums in Alzey. Nachdem ich das Abitur am 25.10.1966 bestanden hatte, wurde ich zum Studium der Zahnheilkunde an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz zugelassen.

Im Herbst 1967 legte ich die naturwissenschaftliche Vorprüfung und im Frühjahr 1969 die zahnärztliche Vorprüfung dort ab. Nachdem ich am 29.11.1971 vor dem Prüfungsausschuß in Mainz die zahnärztliche Prüfung bestanden hatte, wurde mir am 19.1.1972 die Bestallung als Zahnarzt erteilt.

Seit dem 17.4.1972 bin ich in der kassenzahnärztlichen Praxis von Herrn Dr. Rolf Pfeffer in Wiesbaden-Klarenthal als Assistenz Zahnarzt tätig.

